

Cens DE

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND

DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

Patentschrift

DE 100 61 297 C2

(5) Int. Cl. 7:

H 01 L 51/40

H 01 L 61/20

(21) Aktenzeichen: 100 61 297.0-33
 (22) Anmeldetag: 8. 12. 2000
 (23) Offenlegungstag: 27. 6. 2002
 (24) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 28. 6. 2003

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(25) Patentinhaber:
 Siemens AG, 80333 München, DE

(26) Erfinder:
 Berndt, Adolf, 91083 Balersdorf, DE; Clemens, Wolfgang, Dr., 90617 Puschendorf, DE; Haring, Peter, Dr., Raeren, BE; Kurz, Heinrich, Prof., 52076 Aachen, DE; Vratzov, Borislav, 52062 Aachen, DE

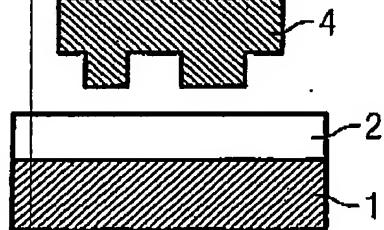
(16) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 198 51 703 A1
 DE 100 43 204 A1
 EP 04 42 123 A1
 WO 99 10 939 A2

C.J. Drury et al.: "Low-cost all polymer integrated circuits" in "Applied Physics Letters", 73(1998)1, pp. 108-110 (von ANR bereits genannt);
 G.H. Gelinck et al.: "High-performance all-polymer integrated circuits" in "Applied Physics Letters", 77(2000)10, pp. 1487-1489;
 Xiang-Yang Zheng et al.: "Electrochemical Patterning of the Surface of Insulators with Electrically Conductive Polymers" in "J. Electrochem. Soc.", 142(1995)12, pp. L226f.;
 M. Angelopoulos and J.M. Shaw: "In-Situ Radiation Induced Doping", in: "Mol. Cryst. Lig. Cryst.", 189(1990), pp. 221-225;

(54) Verfahren zur Strukturierung eines OFETs

(55) Verfahren zur Strukturierung eines organischen Feld-Effekt-Transistors (OFETs) durch Räkeln von zumindest einem Funktionspolymer in eine Negativ-Form, folgende Arbeitsschritte umfassend:
 - auf einem Substrat oder einer unteren Schicht wird eine Formschicht für eine Negativ-Form aufgebracht,
 - diese Formschicht erhält durch ein Imprintverfahren mittels einem Prägestempel Vertiefungen, die den Negativen der späteren Strukturen entsprechen und
 - in diese Vertiefungen wird dann das Funktionspolymer hineingeräkelt.



DE 100 61 297 C2

DE 100 61 297 C2

BEST AVAILABLE COPY

DE 100 61 297 C2

1

Beschreibung

- [0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Strukturierung eines OFETs.
- [0002] Organische integrierte Schaltkreise (integrated plastic circuits) auf der Basis von OFETs werden für mikroelektronische Massenanwendungen und Wegwerf-Produkte wie Identifikations- und Produkt- "tags" gebraucht. Ein "tag" ist z. B. ein elektronischer Streifencode, wie er auf Waren angebracht wird oder auf Koffern. OFETs haben ein weites Einsatzgebiet als RFID-tags: radio frequency identification -tags, die nicht nur auf der Oberfläche angeordnet sein müssen. Bei OFETs für diese Anwendungen kann auf das excellente Betriebsverhalten der Silizium-Technologie verzichtet werden, aber dafür sollten niedrige Herstellungskosten und mechanische Flexibilität gewährleistet sein. Die Bauteile wie z. B. elektronische Strich-Kodierungen, sind typischerweise Einwegeprodukte und sind wirtschaftlich nur interessant, wenn sie in preiswerten Prozessen hergestellt werden.
- [0003] Bisher wird, wegen der Herstellungskosten, nur die Leiterschicht des OFETs strukturiert. Die Strukturierung kann nur über einen zweistufigen Prozess ("Lithographiemethode" vgl. dazu Applied Physics Letters 73(1), 1998, S. 108-110 und Mol. Cryst. Liq. Cryst. 189, 1990, S. 221-225) mit zunächst vollflächiger Beschichtung und daranfolgender Strukturierung, die zudem materialspezifisch ist, bewerkstelligt werden. Mit "Materialspezifität" ist gemeint, dass der beschriebene Prozess mit den genannten photochemischen Komponenten einzig an dem leitfähigen organischen Material Polyanilin funktioniert. Ein anderes leitfähiges organisches Material, z. B. Polypyrrrol, lässt sich so nicht ohne weiteres auf diese Art strukturieren.
- [0004] Die fehlende Strukturierung der anderen Schichten, wie zumindest die der halbleitenden und der isolierenden Schicht aus Funktionspolymeren, führt zu einer deutlichen Leistungsabsenkung der erhaltenen OFETs, darauf wird aber trotzdem aus Kostengründen verzichtet. Die strukturierte Schicht kann mit anderen bekannten Verfahren (wie z. B. Drucken) nur so strukturiert werden, dass die Länge l_1 , die den Abstand zwischen Source und Drain Elektrode bezeichnet und damit ein Maß für die Leistungsdichte des OFETs darstellt zumindest 30 bis 50 μm beträgt. Angestrebt werden aber Längen l_{10} unter 10 μm , so dass außer der aufwendigen Lithographie-Methode momentan keine Strukturierungsmethode sinnvoll erscheint.
- [0005] Aufgabe der Erfindung ist daher ein kostengünstiges und massenfertigungsfähiges Verfahren zur Strukturierung von OFETs mit hoher Auflösung zur Verfügung zu stellen.
- [0006] Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Strukturierung eines OFETs, durch Rakeln von zumindest einem Funktionspolymer in eine Negativ-Form.
- [0007] Als Negativ-Form wird eine strukturierte Schicht oder ein Teil einer strukturierten Schicht bezeichnet, die Vertiefungen enthält, in die das Funktionspolymer, das z. B. eine Elektrode eines OFETs oder eine Halbleiter- oder eine Isolatorschicht bildet, durch Rakeln eingefüllt wird.
- [0008] Das Verfahren umfasst folgende Arbeitsschritte:
- a) auf einem Substrat oder einer unteren Schicht wird eine, ggf. vollflächige Formschicht, die nicht auf den Bereich, der strukturiert werden soll beschränkt sein muss, aufgebracht. Diese Formschicht ist nicht das Funktionspolymer (also halbleitende, leitende oder isolierende Schicht), sondern ein anderes organisches Material, das als Form oder Klischee für die leitende organische Elektrodenschicht dient. Dieses andere organische Material sollte isolierende Eigenschaften haben.
- b) die Formschicht erhält durch Imprinting (Eindrücken eines Stempelabdrucks mit nachfolgender Aushärtung durch Belichten) Vertiefungen, die den Strukturen entsprechen,
- c) in diese Vertiefungen wird dann das Funktionspolymer flüssig, als Lösung und/oder als Schmelze eingerakelt.
- [0009] Die Negativ-Form der Struktur auf der Formschicht kann durch die Imprintmethode, die eine auf dem Gebiet der elektronischen und mikroelektronischen Bauteile ausgereifte Technik darstellt, auf dem Substrat oder einer unteren Schicht erzeugt werden. Das Material der Negativ-Form kann ein UV-härtender Lack sein, der nach Imprinting und Belichten Vertiefungen besitzt.
- [0010] Dafür geeignete Lacke sind kommerziell erhältlich und die Methode sie durch Imprinting zu strukturieren, ist literaturbekannt. Allgemein wird bei dem Imprinting auf das ungehärtete Formpolymer, das als Schicht auf dem Substrat oder einer unteren Schicht aufgebracht ist, ein Stempel so eingedrückt, dass Vertiefungen in der Art, wie die Strukturierung erfolgen soll, entstehen. Die mit Vertiefungen versehene Schicht wird dann entweder thermisch oder durch Bestrahlung gehärtet, wodurch die feste Formschicht entsteht, in die das Funktionspolymer eingerakelt werden kann.
- [0011] Der Vorteil der Rakel-Methode besteht darin, dass die schwierige Strukturierung von Funktionspolymeren durch die eingefahrene und bewährte Imprintmethode vorbereitet wird. Dadurch kann auf einen reichen technischen Hintergrund zurückgegriffen werden und es können extrem feine Strukturen erzielt werden. Die Rakel-Methode ist zudem nicht materialspezifisch. Mit der Rakelmethode kann vielmehr Polyanilin, aber auch jedes andere leitfähige organische Material, wie z. B. Polypyrrrol, zur Herstellung von Elektroden eingesetzt werden. Ebenso kann damit jedes andere organische Material wie z. B. Polythiophene als Halbleiter und/oder Polyvinylphenol als Isolator eingerakelt und somit strukturiert werden, also der gesamte OFET.
- [0012] Nach einer Ausführungsform des Verfahrens wird die Negativ-Form nach erfolgter Aushärtung des Funktionspolymeren entfernt, so dass ein eventuell durch Verdunstung des Lösungsmittels oder Schrumpfung entstandener Höhenunterschied zwischen Funktionspolymer und Negativ-Form vermindert wird.
- [0013] Ein anderer Ansatz, einen gegebenenfalls entstandenen Höhenunterschied zwischen Negativ-Form und Funktionspolymer zu vermeiden, liegt in der Wiederholung des Einrakelvorgangs, wodurch das Volumen der Negativ-Form einfach weiter aufgefüllt wird.
- [0014] In der Regel kann man die Funktionspolymere weitgehend in ihrer optimalen Konsistenz belassen. So besitzt z. B. Polyanilin als leitfähiges organisches Material bei optimaler Leitfähigkeit eine bestimmte Viskosität. Wenn Polyanilin beispielsweise gedrückt werden soll und nicht eingerakelt, so muss seine Viskosität auf einen der Druckmethode angepassten Wert eingestellt werden. Das bedeutet meistens Einbusse der Leitfähigkeit. Für das Rakeln ist die Viskositätsspanne ungleich größer als für das Drucken, so dass in aller Regel keine Viskositätsänderungen am organischen Material vorgenommen werden müssen.
- [0015] Schließlich ist ein Vorteil der Rakelmethode die Fähigkeit zu dicken Schichten. So ist z. B. die Leitfähigkeit von 1 μm dicken Polymerelektroden effektiv höher als bei üblicherweise 0,2 μm Schichtdicke. Ein OFET mit einer Schichtdicke im Bereich von bis zu 1 μm , insbesondere im Bereich von 0,3 bis 0,7 μm ist deshalb vorteilhaft.
- [0016] Als "Funktionspolymer" wird hier jedes organische, metallorganische und/oder anorganische Material be-

2

BEST AVAILABLE COPY

zeichnet, das funktionell am Aufbau eines OFET und/oder einer integrierten Schaltung aus mehreren OFETs beteiligt ist. Dazu zählen beispielhaft die leitende Komponente (z. B. Polyanilin), das eine Elektrode bildet, die halbleitende Komponente, die die Schicht zwischen den Elektroden bildet und die isolierende Komponente. Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Bezeichnung "Funktionspolymer" demnach auch nicht polymere Komponenten, wie z. B. oligomere Verbindungen, umfasst.

[0017] Als "organisch" wird hier kurz alles, was "auf organischem Material basiert" bezeichnet, wobei der Begriff "organisches Material" alle Arten von organischen, metallorganischen und/oder anorganischen Kunststoffen, die im Englischen z. B. mit "plastics" bezeichnet werden, umfasst. Es handelt sich um alle Arten von Stoffen mit Ausnahme der klassischen Halbleiter (Germanium, Silizium) und der typischen metallischen Leiter. Eine Beschränkung im dogmatischen Sinn auf organisches Material als Kohlenstoff-enthaltendes Material ist demnach nicht vorgesehen, vielmehr ist auch an dem breiten Einsatz von z. B. Siliconen gedacht. Weiterhin soll der Term keiner Beschränkung auf polymere oder oligomere Materialien unterliegen, sondern es ist durchaus auch der Einsatz von "small molecules" denkbar.

[0018] Als "untere Schicht" wird hier jede Schicht eines QFETs bezeichnet, auf die eine zu strukturierende Schicht aufgebracht wird. Die Formschicht aus dem Formpolymer schließt an die "untere Schicht" oder das Substrat an. Das Formpolymer wird hier durch die Bezeichnung "polymer" auch nicht auf einen polymeren Aggregatzustand festgelegt, vielmehr kann es sich bei dieser Substanz auch um alle praktisch einsetzbaren Kunststoffe zur Ausbildung einer Negativ-Form handeln.

[0019] Im Folgenden wird eine Ausführungsform des Verfahrens noch anhand von schematischen Figuren näher erläutert.

[0020] Fig. 1.1. zeigt das Substrat oder eine untere Schicht 1 auf die die Formschicht der Negativ-Form 2, beispielsweise aus einem Formpolymer wie einem UV-härtbaren Lack, z. B. vollflächig aufgebracht ist. Die Formschicht 2 wird mit einem Prägestempel 4, wie in Fig. 1.2. gezeigt, mit Vertiefungen versehen, also so werden in die Formschicht 2 Vertiefungen mit dem Stempel 4, der beispielsweise aus Siliziumdioxid (SiO_2) sein kann, eingeprägt. Während der Stempel 4 die Vertiefungen 12 einprägt wird die Formschicht 2 mit UV-Licht bestrahlt, wodurch das Formpolymer 2 unter permanenter Ausbildung der Vertiefungen 12 härzt. Dadurch entstehen die Vertiefungen 12 in der Formschicht 2, wie sie in Fig. 1.3. gezeigt sind. Der Stempel 4 wird nach beendigter Prägung aus der Formschicht 2 herausgezogen. In die Vertiefungen 12 wird das Funktionspolymer 8 (z. B. Polyanilin) mit einem Rakel 9 hineingerakelt (Fig. 1.4.). In Fig. 1.5. erkennt man, wie im fertigen OFET das Funktionspolymer 8 die Vertiefungen 12 der Formschicht 2 ausfüllt.

[0021] Fig. 2 zeigt eine weitere Ausführungsform des Verfahrens im kontinuierlichen Prozess oder kontinuierlichen Rollendruck. Zu sehen ist das Band aus Substrat oder unterer Schicht 1 mit dem Formpolymer 2, das ein UV-härtbarer, aber auch ein thermisch härtbarer Lack sein kann. Dieses Band wird nun von links nach rechts, wie durch den Pfeil 13 ange deutet, entlang mehrerer Andruckrollen 10 verschieden Arbeitsschritten unterworfen. Zunächst passiert es das Schattenblech 3, mit dem das noch nicht gehärtete Formpolymer 2 gegen Bestrahlung geschützt wird. Danach werden in das Formpolymer 2 mit Hilfe der Stempelrolle 4 Vertiefungen eingeprägt, die mit der in der Stempelrolle 4 integrierten UV-Lampe 5 gleich angehärtet werden. Die von 5 ausgehende Pfeilrichtung zeigt die Richtung des Lichtke-

gels, der von 5 ausgestrahlt wird, an. Das mit Vertiefungen 12 in der Formschicht 2 versehene Band zieht dann unter einer UV-Lampe oder Heizung 6 zur Nachhärtung vorbei, so dass ein strukturierter Lack 7 entsteht. In den strukturierten Lack 7 mit den Vertiefungen 12 wird dann mit dem Rakel 9 das Funktionspolymer 8 eingerakelt, so dass die fertige Struktur 11 entsteht.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Strukturierung eines organischen Feld-Effekt-Transistors (OFETs) durch Rakeln von zumindest einem Funktionspolymer in eine Negativ-Form, folgende Arbeitsschritte umfassend:

- auf einem Substrat oder einer unteren Schicht wird eine Formschicht für eine Negativ-Form aufgebracht,
- diese Formschicht erhält durch ein Imprintverfahren mittels einem Prägestempel Vertiefungen, die den Negativen der späteren Strukturen entsprechen und
- in diese Vertiefungen wird dann das Funktionspolymer hineingerakelt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, das als kontinuierliches Verfahren mit einem durchlaufenden Band betrieben wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, bei dem das Funktionspolymer zumindest zweimal in die Vertiefungen eingerakelt wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

FIG 1.1.

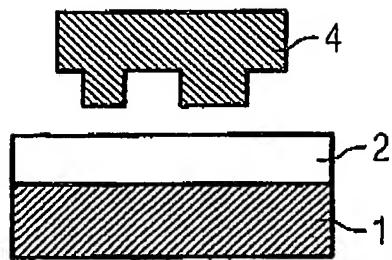


FIG 1.2.

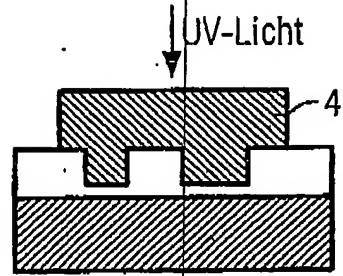


FIG 1.3.

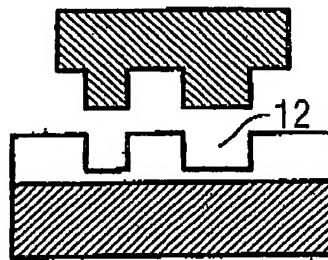


FIG 1.4.

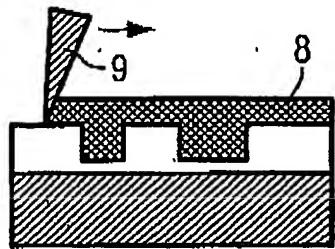


FIG 1.5.

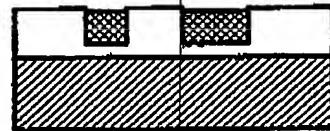
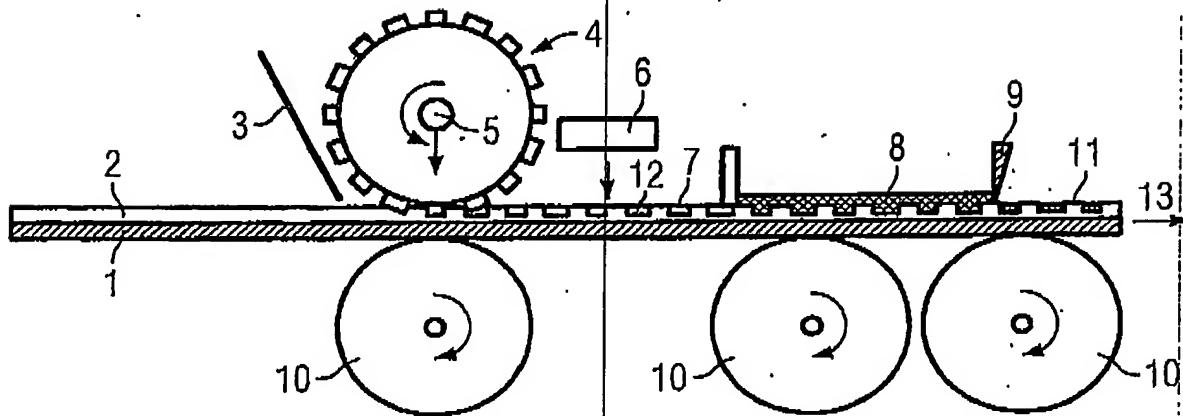


FIG 2



203 220/107

BEST AVAILABLE COPY